

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-54544

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 1 L 21/60

識別記号

3 0 1

F I

H 0 1 L 21/60

3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数27 O L 外国語出願 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平10-158308

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月30日

(31) 優先権主張番号 8 4 7 2 3 9

(32) 優先日 1997年5月1日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 590000879

テキサス インスツルメンツ インコーポ  
レイテッド

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース  
セントラルエクスプレスウェイ 13500

(72) 発明者 ムキル サラン

アメリカ合衆国 テキサス州リチャードソ  
ン, マジソンコート 2902

(72) 発明者 チャールズ エイ. マーチン

アメリカ合衆国 テキサス州マッキニイ,  
メドウ ヒル 4412

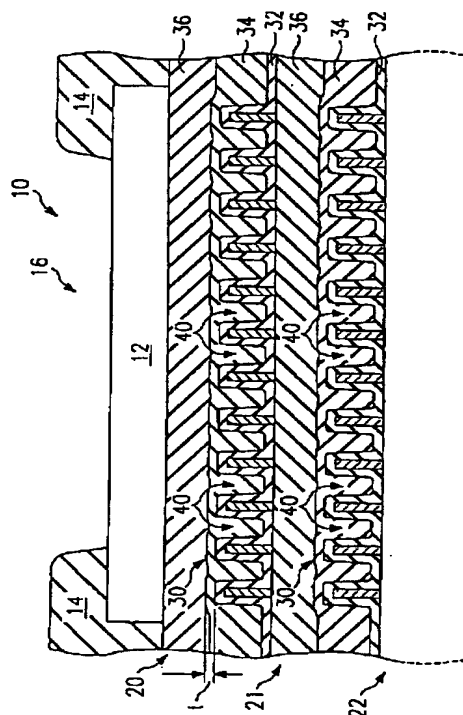
(74) 代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

(54) 【発明の名称】 ボンド・パッドを増強するシステムおよび方法

(57) 【要約】

【課題】 ボンド・パッド及びその下の層に対する損傷を避ける。

【解決手段】 ボンド・パッド12の増強システム10は、ボンド・パッド12の下に配置された少なくとも1つの絶縁体層又は積層20, 21, 22を含む。増強パターンニングされた構造体30は、絶縁体層又は積層20, 21, 22に配置される。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 ボンド・パッドの増強システムであって、前記ボンド・パッドの下に配置された少なくとも 1 つの絶縁体層と、該少なくとも 1 つの絶縁体層に配置された増強パターンニングされた構造体と、を含む増強システム。

【請求項 2】 前記少なくとも 1 つの絶縁体層が弱い有機性絶縁体層を含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 3】 前記増強パターンニングされた構造体が、前記絶縁体層より強い材料の増強ラインから構成される、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 4】 前記増強パターンニングされた構造体が、相互接続する金属化ラインから構成される、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 5】 前記少なくとも 1 つの絶縁体層が少なくとも 1 つの多層絶縁体積層である、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 6】 前記増強パターンニングされた構造体が前記ボンド・パッドの下の実質的な領域を占める、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 7】 前記増強パターンニングされた構造体が、前記絶縁体層によって充填された空き領域を含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 8】 前記増強パターンニングされた構造体がグリッド・パターンを含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 9】 前記増強パターンニングされた構造体が、反復する十字架パターンを含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 10】 前記増強パターンニングされた構造体が蜂の巣パターンを含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 11】 前記増強パターンニングされた構造体が、互いに概して垂直に方向づけられる平行のラインを有する交互層を含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 12】 前記増強パターンニングされた構造体が、複数の接続された構造体要素を含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 13】 前記増強パターンニングされた構造体が、複数の反復する構造体要素を含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 14】 前記増強パターンニングされた構造体が、複数の反復する相互接続されていない構造体要素を含む、請求項 1 記載の増強システム。

【請求項 15】 ボンド・パッド増強システムであって、ボンド・パッドの下に配置された絶縁体積層と、該絶縁体積層に配置された金属の増強パターンニングされた構造体と、を含むボンド・パッド増強システム。

【請求項 16】 前記絶縁体積層が、その中に少なくとも 1 つの絶縁体層に配置された金属の増強パターンニングされた構造体を有する複数の絶縁体層を含む、請求項 1

5 記載のボンド・パッド増強システム。

【請求項 17】 前記増強パターンニングされた構造体が、反復する相互接続されたパターンを含む、請求項 1 5 記載のボンド・パッド増強システム。

【請求項 18】 前記増強パターンニングされた構造体が、反復する相互接続されないパターンを含む、請求項 1 5 記載のボンド・パッド増強システム。

【請求項 19】 前記増強パターンニングされた構造体が複数の入れ子状のパターンを含む、請求項 1 5 記載のボンド・パッド増強システム。

【請求項 20】 前記増強パターンニングされる構造体が螺旋状のパターンを含む、請求項 1 5 記載のボンド・パッド増強システム。

【請求項 21】 前記増強パターンニングされた構造体が、互いに概して垂直に方向づけられる平行のラインを有する交互層を含む、請求項 1 5 記載のボンド・パッド増強システム。

【請求項 22】 半導体集積回路のボンド・パッドを増強する方法であって、

20 増強層を形成し、  
所定の領域に、複数の空き領域を有する所定のパターンに前記増強層をパターンニングし、  
前記パターンニングされた増強層の上方に絶縁体層を形成し、  
その中の前記空き領域を充填し、  
前記パターンニングされた増強層の上方の前記絶縁体層上にボンド・パッドを形成する工程を含む方法。

【請求項 23】 前記絶縁体層形成工程が、弱い絶縁体の層を形成する工程を含む、請求項 22 記載の方法。

【請求項 24】 前記パターンニング工程が、反復する及び相互接続されたパターンで前記増強層をパターンニングする工程を含む、請求項 22 記載の方法。

【請求項 25】 前記パターンニング工程が、反復する及び相互接続されないパターンで前記増強層をパターンニングする工程を含む、請求項 22 記載の方法。

【請求項 26】 前記パターンニング工程が、入れ子形状で前記増強層をパターンニングする工程を含む、請求項 22 記載の方法。

【請求項 27】 前記ボンド・パッドが形成される前に少なくとも 1 度、前記増強層形成工程、前記パターンニング工程及び前記絶縁体層形成工程を反復する工程をさらに含む、請求項 22 記載の方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に、半導体デバイス及びプロセスの分野に関連する。更に詳細には、本発明は、ボンド・パッドを増強するためのシステム及び方法に関連する。

**【0002】**

【従来の技術及びその課題】半導体プロセスでよく知られている問題となる領域は、はんだ、ワイヤ又は他のボ

ンディング素子を半導体集積回路上のボンド・パッドに取付けるプロセスである。これらのボンド・パッドは、平坦化及び絶縁の目的のため、典型的にシリコン酸化物及び幾つかの有機材料である 1 つ又はそれ以上の脆い及び／又は軟らかい絶縁体材料の層又は積層の上に典型的に配置される。水素化シルセスキオキサン（HSQ）、エーロゲル、有機ポリイミド及びパリレンなどの幾つかの絶縁体材料は、シリコン酸化物に比較し、その低誘電率において利点を有するが、構造的及び機械的に弱い。

【0003】ボンディング・プロセス中、ボンディング・キャピラリ先端によってボンド・パッドに加わる機械的負荷及び超音波応力は、下にある絶縁体の割れ、下にある金属構造体の変形、及び金属構造体の層の剥離を引き起こすことがある。これらのボンディング欠陥は、ボンディング・キャピラリ先端がボンディング・パッドから引き上げられるとき、ボンド・パッド及び下にある層にクレータ状に現われることがある。しかし、これらの欠陥は、ボンディング中ははっきりしないが、その後のボンド・プル及びシアー・テスト、温度サイクル又は熱ショックなどの信頼性テストの間に、又は工程外検査及び横断的検査の際に、はっきりと現われることがある。

【0004】更に、ボンド・パッドの構造体の弱さは、ボンディングの前のウェハ・プロービング中に現われることもある。また、タングステンなどの硬い金属で典型的に形成されるプローブ先端によって及ぼされる応力は、ボンド・パッド上の軟らかい金属であるアルミニウムとそれらが接触するという事実にも関わらず、パッドに局地的な割れを起こすことがある。このような割れは、ボンディング中に起こるそれらと同じ程度の信頼性ハザードのものである。

【0005】従来、ボンディング欠陥は、超音波電力及びパルス波形、ボンディング温度、ボンディング時間、クランピング力、ボンディング・キャピラリ先端の形状などのボンディング・パラメータを変えることによって対処されてきている。パラメータの設定及びその組合せに関する実験に多くの時間が費やされている。パラメータ設定及びコンフィグレーションの一般的なガイドラインが開発されてきているが、ボンディング欠陥は、集積回路デバイスの信頼性を絶えず脅かす、非常に重要なレベルにある。欠陥レベルは、依然として、ボンディング欠陥がボンディングされる数万個のデバイスに 1 個現われるというような低いレベルである。

【0006】半導体プロセスにおける最近の技術的進歩はこの状況を緩和していない。回路速度を上げるために、一層誘電率の低い新規の絶縁体材料が用いられているが、これらは従来のプラズマ・エンハンスド化学的蒸着（CVD）絶縁体より機械的に弱い。ボンド・パッド寸法が減少すると、垂直のボンディング力又は効果的なボンドを形成するために超音波エネルギーを使うため力の増加が必要となる。更に、ボンド・パッドを損傷させ

る恐れがあるためボンド・パラメータ設定を一層高めることは困難であり、それにより、ボンド形成時間が一層長くなり、結果としてスループットが損なわれる。これらの重要な変化は全て、一層ひどい欠陥及びその頻度の増加の傾向を示す。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段及び作用】したがって、1 つ又はそれ以上の構造的及び機械的に弱い絶縁体層の上にボンド・パッドが置かれる場合に、プローブ及びボンディング欠陥の発生を避ける又はできるだけ少なくするための信頼性の高い方法が必要とされている。

【0008】本発明によれば、以前の装置及び方法に関連する欠点をなくすか実質的に減らすボンド・パッド増強システム及び方法が提供される。

【0009】本発明の 1 つの側面において、本発明の教示によるボンド・パッドの増強システムは、ボンド・パッドの下に配置された少なくとも 1 つの絶縁体積層に配置された、増強パターンニングされた構造体を含む。

【0010】本発明の別の側面において、本発明の教示によるボンド・パッドの増強システムは、ボンド・パッドの下に配置された少なくとも 1 つの絶縁体層又は複数の絶縁体層の積層を含む。増強パターンニングされた構造体は、少なくとも 1 つの絶縁体積層に配置される。

【0011】本発明の更に別の側面において、半導体集積回路のボンド・パッドを増強するための方法は、金属層を形成し、所定の領域の金属層を複数の空き領域を有する所定のパターンにパターンニングし、パターンニングされた金属層の上に絶縁体層を形成し、パターンニングされた金属層の空き領域を充填する工程を含む。その後、ボンド・パッドは、パターンニングされた金属層の上の絶縁体層上に形成される。

【0012】本発明の 1 つの側面において、増強パターンニングされた構造体は、結合された又は相互接続された構造体であり得る。本発明の別の側面において、増強パターンニングされた構造体は、結合されない又は相互接続されない及び反復する要素を含み得る。

【0013】本発明の技術的利点は、ボンディング及びプロービング中に加わる力がボンド・パッド及び下にある構造体を損傷させないように改良されたボンド・パッドの構造的完全性である。これらの技術的利点は、プロセスのスループットを減少させ得るボンディング又はプロービングのパラメータの変更なく、可能である。その結果、一層信頼性の高い集積回路となり、ボンディング欠陥は減少する。

#### 【0014】

【実施例】本発明の好ましい実施例は図 1 から図 11 に示され、同様の参照番号が種々の図面の同様の部分及び対応する部分を言及するために用いられている。

【0015】図 1 を参照すると、本発明の教示によるボンド・パッド 12 の増強構造体 10 が示されている。ア

ルミニウム、金、銅、はんだ又は同様の材料から典型的に構成されるボール・ボンダ（図示せず）を受けるため、ボンダ・パッド 1 2 の中央部 1 6 は露出され、保護酸化層 1 4 に被覆されない。ボンダ・パッド 1 2 は、典型的には、アルミニウムおよび例えば窒化チタンやチタンの 1 以上の層から構成された多層の積層である。ボンダ・パッド 1 2 の下にあるのは、1 以上の金属間絶縁体層、又はそれぞれ複数の絶縁体層から構成される 1 以上の絶縁体積層 2 0 ~ 2 2 である。各金属間絶縁体層又は積層 2 0 ~ 2 2 は、金属間絶縁体積層 2 0 ~ 2 2 の少なくとも 1 つに配置された増強グリッド 3 0 を含み得る。図 2 は、複数の空所又は空き領域をもつ規則的な反復パターンを有する増強グリッド 3 0 の平面図を示す。

【0016】各絶縁体層又は積層 2 0 ~ 2 2 の金属間絶縁体材料の少なくとも 1 つの層は、機械的及び構造的に弱い絶縁体材料、例えば、酸化物、水素化シルセスキオキサン（HSQ）、エーロゲル、有機ポリイミド、バリレンなどで構成される。これらの絶縁体材料は、以降、弱い絶縁体材料と呼ぶ。各金属間絶縁体積層 2 0 ~ 2 2 は、例えば、第 1 の絶縁体層 3 2 と弱い絶縁体層 3 4 と第 2 の絶縁体層 3 6 とを含み得る。絶縁体層 3 2、3 6 は、TEOS（テトラ・エチル・オルソシリケート）、又は適切な方法で形成された他の任意の酸化物材料であり得る。所定の高さの増強構造 3 0 を提供することによって、増強構造 3 0 の上の弱い絶縁体層 3 4 の厚さ  $t$  は大きく減少されることが分かる。更に、増強構造 3 0 は、その中に弱い絶縁体材料 3 4 の大部分を含有又は収容するための複数の空所又は空き領域 4 0 を有する、結合された又は相互接続されたグリッド構造体である。したがって、増強構造 3 0 は、クレーター化、又はワイヤ・ボンディングによって生じる他のボンディング欠陥の発生を実質的に減らすため、金属間絶縁体積層 2 0 ~ 2 2 に支持及び機械的強度を提供する。

【0017】図 1 及び図 2 から、増強構造 3 0 は一般的に金属間絶縁体積層 2 0 ~ 2 2 の所望の厚さより薄い厚さで平面であることが分かるであろう。更に、増強構造 3 0 は、ボンダ・パッド 1 2 によって画定された領域内にほぼ合っており、それを大きく越えないような寸法であることが好ましい。1 つ以上の増強層が用いられるとき、各絶縁体積層 2 0 ~ 2 2 の増強構造 3 0 は、図示されるように互いの直ぐ上に整合されても、互いがずらされてもよい。改良された構造的な完全性及び強度を達成するために用いられ得る増強構造体又は層の数は 1 を含む任意の数であってよいことが、本発明の教示で考慮されている。更に、そのような設計には、異なる金属増強構造をパターン・エッチングするのに異なるマスクを用いるため付加的な費用が必要となるが、金属間絶縁体層又は積層 2 0 ~ 2 2 は異なるパターンの増強構造を含んでもよいことが、本発明の教示によって考慮されている。

【0018】ボンダ・パッド増強構造体 1 0 は、所定の厚さの金属又は任意の適する導電体又は半導体の層を各金属間絶縁体層又は積層 2 0 ~ 2 2 の開始時に形成することによって構成され得る。その後、増強層は、図 1 及び図 2 に示したグリッド・パターンなどの所望のパターンにパターン・エッチングされる。その後、図示するように単一絶縁体層又は酸化層 3 2、弱い絶縁体層 3 4、及び酸化層 3 6 などの後続の絶縁体材料が、パターンニングされた増強層の上に形成される。弱い絶縁体層 3 4 は、スピン・オン、プラズマ・エンハンスド化学的蒸着（CVD）及び気相凝縮を含む多数の方法によって形成され得ることに注意されたい。

【0019】図 3、図 4 A 及び図 4 B に関し、ボンダ・パッド増強構造体 7 0 の別の実施例が示されている。ボンダ・パッド 7 2 は、酸化物の保護オーバーコート 7 4 より下に配置され、ワイヤ／はんだ／フリップ・チップ／ウェッジ・ボンディングのために部分的に露出される。ボンダ・パッド 7 2 の下にある 2 つの金属間絶縁体積層 7 6、7 8 は、増強構造体 8 0、8 2 を含む。増強構造体 8 0、8 2 は、規則的に配置されて示される十字架パターンなどの、反復する及び相互接続されないパターンを含む。増強構造体 8 0、8 2 は、図示されるように互いに僅かにずれてもよいことがわかるであろう。ここには 2 つしか示さないが、半導体集積回路は、十字架増強構造体を有する 1 つ、2 つ又は 2 つ以上の金属間絶縁体層又は積層を含んでもよい。

【0020】本発明の教示による増強構造体の更に別の実施例は、図 5 及び図 6 に断面及び平面でそれぞれ示されている。金属間絶縁体積層 9 6、9 8 は、保護オーバーコート 9 4 によって部分的に被覆されるボンダ・パッド 9 2 の下にある。金属間絶縁体積層 9 6、9 8 は、増強構造体 1 0 0、1 0 2 をそれぞれ含む。金属間絶縁体積層 9 6 の増強構造体 1 0 0 は、金属間絶縁体積層 9 8 の増強構造体 1 0 2 の平行増強ラインに好ましくは垂直に方向づけられる平行増強ラインを含む。したがって、半導体集積回路の金属間絶縁体積層は、改良された機械的な安定性及び強度を提供するため、お互いが互い違いに方向づけられた増強ラインを有し得る。更に、互い違いの層に 90° 以外の方法で方向づけられる増強ラインが提供されることも、本発明の教示で考慮されている。

【0021】図 7 を参照すると、本発明の教示による本発明の代替の実施例 1 1 0 が示されている。増強構造体パターン 1 1 0 は、ボンダ・パッドの下にある、複数の相互接続された又は接続されない入れ子状の長方形又は四角形を形成する増強ラインを含む。

【0022】図 8 は、本発明の教示による増強パターンの更に別の代替実施例 1 1 2 を示す。増強構造体 1 1 2 は、図示されるように、ボンダ・パッドの下にある、複数の入れ子状の接続されない円又は楕円を含み得る。入れ子状の円の構造体 1 1 2 の変形は、図 9 に示すよう

に、相互接続された又は十字に強化された入れ子状の円又は楕円の増強構造体 1 1 4 である。更なる変形は、図 1 0 に示すような円又は楕円の螺旋増強構造体 1 1 6 である。本発明の教示は、更に、増強構造体パターンに用いられる、接続された又は接続されない、任意の入れ子状又は螺旋の形状を考慮していることが分かるであろう。

【0 0 2 3】図 1 1 を参照すると、反復する接続された蜂の巣パターンを有する増強構造体 1 1 8 が示されている。蜂の巣構造が優れた構造的完全性及び強度を有し、したがって、弱い絶縁体層を実質的に増強し得ることは、自然界が示している。

【0 0 2 4】増強構造体が多様なパターンを取り得ることは上述から分かるであろう。一般的に、グリッド、十字架、蜂の巣及び入れ子状の形状などのパターンは、規則的で反復し得る。このパターンは、接続された又は接続されない増強要素を有していてもよい。反復しないパターンも用いられ得る。増強構造体のパターンは、ボンド・パッドの下全体又は実質的な領域を占め、増強構造体の増強ライン間の空き領域を弱い絶縁体材料が充填するようにすることが好ましい。更に、増強構造体の組成は、対応する金属層のメタライゼーションと同じであってもよい。例えば、増強構造体は、窒化チタン／窒化チタン／チタン底部層とアルミニウム中間層と窒化チタン上部層とを有し得る。増強構造体は、他の導電性又は半導体材料から構成されてもよい。

【0 0 2 5】本発明の増強構造体は、それが任意のワイヤ、はんだ、又はフリップ・チップ・ボンディング、超音波ボンディング、サーモソニック・ボンディング、熱圧着ボンディング、はんだバンプ若しくは前記バンプ・ボンディングなどの他のボンディング工程、及びボンディング前ウェハ・プローブ・オペレーションの間に加わる応力及びびに耐えるように、下にある弱い絶縁体層を有する任意のボンド・パッドを増強するために適用できることを理解されたい。

【0 0 2 6】したがって、本発明の教示は、下にある脆い及び／又は軟らかい絶縁体構造を機械的に増強する、ボンド・パッドの実質的に内部に構成される任意の構造を含む。これは、相互接続する金属ラインなどの既にパターンニングされた現存層から増強構造体が構成されると

き、特に有利である。

【0 0 2 7】本発明の幾つかの実施例及びその利点が詳細に説明されたが、本発明の教示及び添付の請求項に記載された本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、変更、取替え、交換、変形、修正、バリエーション及び改変が成され得ることを理解されたい。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造の実施例の断面図。

10 【図 2】本発明の教示による図 1 のボンド・パッド増強構造の平面図。

【図 3】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造の別の実施例の断面図。

【図 4】本発明の教示による図 3 のボンド・パッド増強構造の平面図。

【図 5】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造の更に別の実施例の断面図。

【図 6】本発明の教示による図 5 のボンド・パッド増強構造の平面図。

20 【図 7】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造を更に変化させた実施例の平面図。

【図 8】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造を更に変化させた実施例の平面図。

【図 9】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造を更に変化させた実施例の平面図。

【図 1 0】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造を更に変化させた実施例の平面図。

【図 1 1】本発明の教示によるボンド・パッド増強構造を更に変化させた実施例の平面図。

#### 30 【符号の説明】

1 0 増強システム

1 2 ボンド・パッド

1 4 保護酸化物層

2 0, 2 1, 2 2 絶縁体層又は積層

3 0 増強構造体

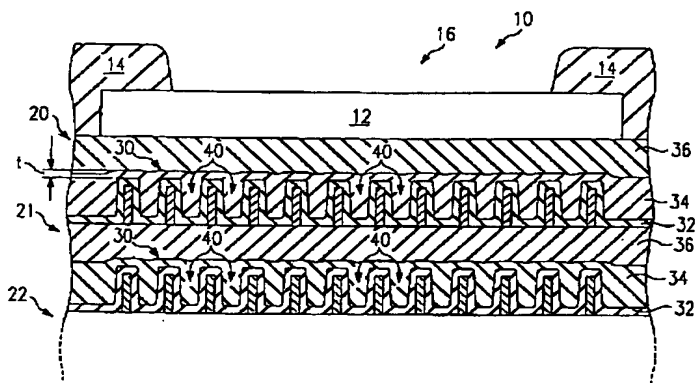
3 2 第 1 の絶縁体層

3 4 弱い絶縁体層

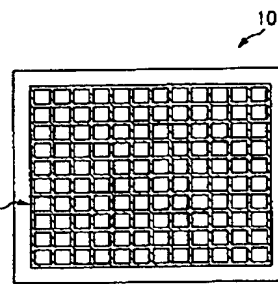
3 6 第 2 の絶縁体層

4 0 空き領域

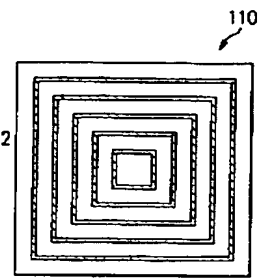
【図 1】



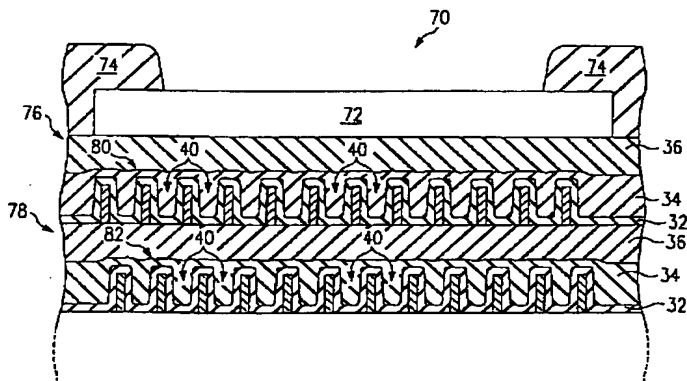
【図 2】



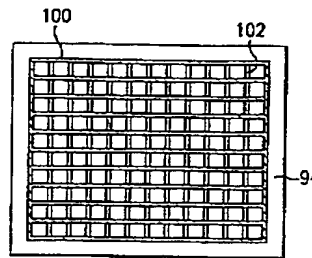
【図 7】



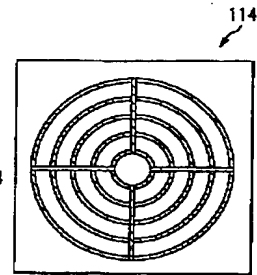
【図 3】



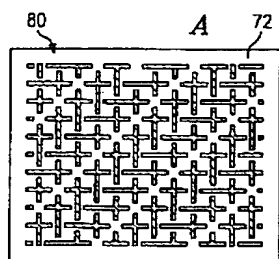
【図 6】



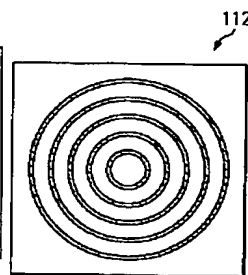
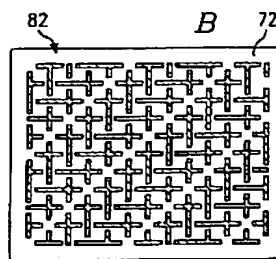
【図 9】



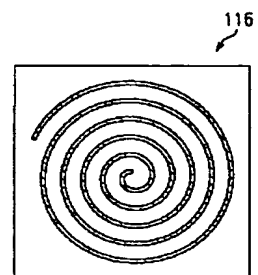
【図 4】



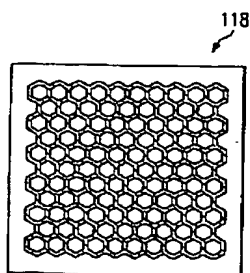
【図 8】



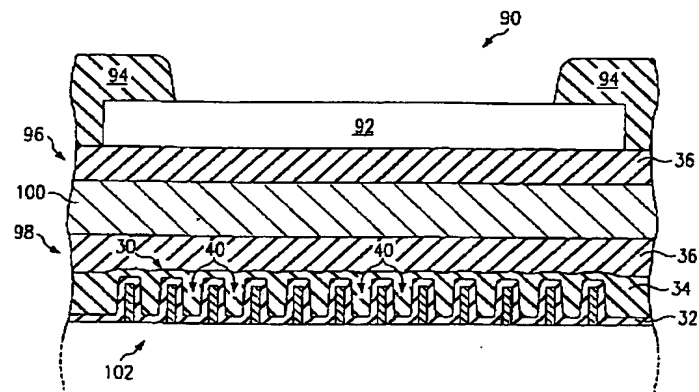
【図 10】



【図 11】



【図 5】



【外国語明細書】

SYSTEM AND METHOD FOR  
REINFORCING A BOND PAD

TECHNICAL FIELD OF THE INVENTION

This invention is related in general to the field of semiconductor devices and processes. More particularly, the invention is related to system and method for reinforcing a bond pad.



ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

2

#### BACKGROUND OF THE INVENTION

A well known problem area in semiconductor processing is the process of attaching a solder, wire or other bonding elements to a bond pad on a semiconductor integrated circuit. These bond pads are typically disposed above one or more layers or stacks of brittle and/or soft dielectric materials, typically oxide of silicon and some organic materials, for planarization and insulation purposes. Some dielectric materials, such as hydrogen silsesquioxane (HSQ), aerogels, organic polyimides, and parylenes are advantageous for their low dielectric constants compared to silicon oxides, but are weaker structurally and mechanically.

During the bonding process, mechanical loading and ultrasonic stresses applied by the bonding capillary tip to the bond pad often result in fracture of the underlying dielectrics, deformation of the underlying metal structures, and delamination of the layers in the metal structures. These bonding failures may appear as craters in the bond pad and underlying layers as the bonding capillary tip is pulled away from the bonding pad. However, these defects often are not apparent during bonding but would manifest themselves during subsequent bond pull and shear tests, reliability tests such as thermal cycle or thermal shock, or upon deprocessing and cross-sectioning.

Further, weakness of the bond pad structure may also reveal itself during wafer probing prior to bonding. Again, the stresses exerted by the probe tips, typically formed of a hard metal such as tungsten, can cause localized fractures in the pads, despite the fact that they make contact with a soft metal, aluminum, on the bond pads. Such fractures are as much of a reliability hazard as those caused during bonding.

ATTORNEY DOCKET NUMBER- PATENT APPLICATION  
TI-24374

3

Traditionally, the bonding failures have been addressed by altering bonding parameters, such as ultrasonic power and pulse waveform, bonding temperature, bonding time, clamping force, shape of the bonding capillary tip, etc. Much time is spent experimenting with parameter settings and combinations thereof. Although general guidelines of parameter setpoints and configurations have been developed, the bonding failures persist at a sufficiently significant level to continually threaten the reliability of integrated circuit devices. Yet the failure levels are low such that bonding failures become apparent only after several tens of thousands of devices are bonded.

Recent technological advances in semiconductor processing do not alleviate the situation. New dielectric materials with lower-dielectric constants are being used to increase circuit speeds but they are mechanically weaker than the conventional plasma enhanced chemical vapor deposition (CVD) dielectrics. Decreasing bond pad dimensions necessitates the increase of vertical bonding force or forces attributable to the use of ultrasonic energy to form effective bonds. Inaccessibility of higher bond parameter settings for fear of damage to the bond pads also results in longer bond formation time, and consequently, lost throughput. All these significant changes point to a trend of more severe failures and increase in their frequency.

ATTORNEY DOCKET NUMBER - PATENT APPLICATION  
TI-24374

4

SUMMARY OF THE INVENTION

Accordingly, there is a need for a reliable way to prevent or minimize the occurrence of probe and bonding failures where bond pads are situated above one or more structurally and mechanically weak dielectric layers.

In accordance with the present invention, a bond pad reinforcing system and method are provided which eliminate or substantially reduce the disadvantages associated with prior apparatus and methods.

In one aspect of the invention, the reinforcing system for a bond pad according to the teachings of the present invention includes a reinforcing patterned structure disposed in at least one dielectric stack disposed under the bond pad.

In another aspect of the invention, the reinforcing system for a bond pad according to the teachings of the present invention includes at least one dielectric layer or a stack of multiple dielectric layers disposed under the bond pad. A reinforcing patterned structure is disposed in at least one dielectric stack.

In yet another aspect of the invention, a method for reinforcing a bond pad in a semiconductor integrated circuit includes the steps of forming a metal layer, patterning the metal layer in a predetermined area into a predetermined pattern having a plurality of vacant areas, and forming a dielectric layer above the patterned metal layer, filling the vacant areas in the patterned metal layer. A bond pad is then formed on the dielectric layer above the patterned metal layer.

In one aspect of the invention, the reinforcing patterned structure may be a joined or interconnected structure. In another aspect of the invention, the reinforcing patterned structure may comprise disjoined or non-interconnected and repeating elements.

ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

5

5 A technical advantage of the present invention is the improved structural integrity of bond pads so that forces exerted during bonding and probing do not damage the bond pad and underlying structures. These technical advantages are possible without changing bonding or probing parameters, which may decrease process throughput. The result is a more reliable integrated circuit and decreasing bonding failures.

ATTORNEY DOCKET NUMBER PATENT APPLICATION  
TI-24374

6

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

For a better understanding of the present invention, reference may be made to the accompanying drawings, in which:

5       FIGURE 1 is a cross-sectional view of an embodiment of a bond pad reinforcing structure according to the teachings of the present invention;

10       FIGURE 2 is a plan view of the bond pad reinforcing structure in FIGURE 1 according to the teachings of the present invention;

      FIGURE 3 is a cross-sectional view of another embodiment of a bond pad reinforcing structure according to the teachings of the present invention;

15       FIGURES 4A and 4B are plan views of the bond pad reinforcing structure in FIGURE 3 according to the teachings of the present invention;

      FIGURE 5 is a cross-sectional view of yet another embodiment of a bond pad reinforcing structure according to the teachings of the present invention;

20       FIGURE 6 is a plan view of the bond pad reinforcing structure in FIGURE 5 according to the teachings of the present invention; and

25       FIGURES 7-11 are further plan views of varying embodiments of the bond pad reinforcing structure according to the teachings of the present invention.

ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

7

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The preferred embodiments of the present invention are illustrated in FIGURES 1-11, like reference numerals being used to refer to like and corresponding parts of the various drawings.

Referring to FIGURE 1, a reinforcing structure 10 for a bond pad 12 according to the teachings of the present invention is shown. A center portion 16 of bond pad 12 is exposed and uncovered from a protective oxide layer 14 for receiving a ball bond (not shown), typically constructed from aluminum, gold, copper, solder, or like materials. Bond pad 12 is typically a multi-layered stack constructed of aluminum and one or more layers of titanium nitride and titanium, for example. Underlying bond pad 14 is one or more intermetal dielectric layers or one or more dielectric stacks 20-22, each constructed of multiple dielectric layers. Each intermetal dielectric layer or stack 20-22 may include a reinforcing grid 30 disposed in at least one of the intermetal dielectric stacks 20-22. FIGURE 2 shows a plan view of reinforcing grid 30, which has a regular repeating pattern with a plurality of voids or vacant areas.

At least one layer of the intermetal dielectric materials within each dielectric layer or stack 20-22 is constructed of a mechanically and structurally weak dielectric material, such as oxide, hydrogen silsesquioxane (HSQ), Aerogels, organic polyimides, parylenes, and the like. These dielectric materials are hereinafter referred to generally as weak dielectric materials. Each intermetal dielectric stack 20-22 may include, for example, a first dielectric layer 32, a weak dielectric layer 34, and a second dielectric layer 36. Dielectric layers 32 and 36 may be TEOS (tetraethyl orthosilicate) or any other oxide material formed by a suitable method. It may be seen that by providing a

ATTORNEY DOCKET NUMBER - PATENT APPLICATION  
TI-24374

8

reinforcing structure 30 of a predetermined height, the thickness,  $t$ , of weak dielectric layer 34 atop reinforcing structure 30 is greatly reduced. Further, reinforcing structure 30 is a joined or interconnected grid structure with a plurality of voids or vacant areas 40 for containing and accommodating a large portion of weak dielectric material 34 therein. Accordingly, reinforcing structure 30 provides support and mechanical strength to intermetal dielectric stacks 20-22 to substantially decrease the incidents of cratering and other bonding failures causing by wire bonding.

It may be seen from FIGURES 1 and 2 that reinforcing structure 30 is generally planar with a thickness less than the desired thickness of intermetal dielectric stacks 20-22. Further, reinforcing structure 30 is preferably dimensioned to fit generally within and not significantly extending beyond an area defined by bond pad 12. When more than one reinforcing layer is used, reinforcing structure 30 for each intermetal dielectric stack 20-22 may be aligned directly above one another, as shown, or be offset with one another. It is contemplated by the teachings of the present invention that any number, including one, of reinforcing structures or layers may be used to achieve improved structural integrity and robustness. It is also contemplated by the teachings of the present invention that intermetal dielectric layers or stacks 20-22 may include reinforcing structures of different patterns, although such designs may require additional expense to use different masks to pattern etch the different metal reinforcing structures.

Bond pad reinforcing structure 10 may be constructed by forming a layer of metal or any suitable conductor or semiconductor of predetermined thickness at the start of each intermetal dielectric layer or stack 20-22. The

ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

9

reinforcing layer is then pattern etched into the desired pattern, such as the grid pattern shown in FIGURES 1 and 2. Subsequent dielectric materials are then formed above the patterned reinforcing layer, such as a single  
5 dielectric layer or oxide layer 32, weak dielectric layer 34, and oxide layer 36 as shown. Note that weak dielectric layer 34 may be formed by a number of methods, including spin-on, plasma enhanced chemical vapor deposition (CVD), and vapor condensation.

10 Referring to FIGURES 3, 4A, and 4B, another embodiment of bond pad reinforcing structure 70 is shown. A bond pad 72 is disposed below a protective overcoat of oxide 74 and partially exposed for wire/solder/flip-chip/wedge bonding. Two intermetal dielectric stacks 76 and 78  
15 underlying bond pad 72 include reinforcing structures 80 and 82. Reinforcing structures 80 and 82 include a repeating and non-interconnected pattern such as the crucifix pattern shown arranged in a regular manner. It may be seen that reinforcing structure 80 and 82 may be  
20 slightly offset from one another as shown. The semiconductor integrated circuit may include one, two, or more than two intermetal dielectric layers or stacks with the crucifix reinforcing structure although only two are shown herein.

25 Yet another embodiment of the reinforcing structure according to the teachings of the present invention is shown in FIGURES 5 and 6 in cross-section and plan views, respectively. Intermetal dielectric stacks 96 and 98 underlie a bond pad 92, which is partially covered by a  
30 protective overcoat 94. Intermetal dielectric stacks 96 and 98 include reinforcing structures 100 and 102 respectively. Reinforcing structure 100 in intermetal dielectric stack 96 includes parallel reinforcing lines which are oriented preferably perpendicularly with



ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

10

parallel reinforcing lines of reinforcing structure 102 in intermetal dielectric stack 98. Accordingly, intermetal dielectric stacks in a semiconductor integrated circuit may have reinforcing lines oriented alternately with respect to one another to provide improved mechanical stability and strength. It is further contemplated by the teachings of the present invention to provide for reinforcing lines oriented in a manner other than 90 in alternating layers.

Referring to FIGURE 7, an alternate embodiment 110 of the present invention according to the teachings of the present invention is shown. Reinforcing structure pattern 110 includes reinforcing lines forming a plurality of interconnected or unconnected nested rectangles or squares underlying the bond pad.

FIGURE 8 shows yet another alternate embodiment 112 of possible reinforcing patterns according to the teachings of the present invention. Reinforcing structure 112 may include a plurality of nested unconnected circles or ellipses underlying the bond pad, as shown. A variation on the nested circle structure 112 is an interconnected or crosswise reinforced nested circle or ellipse reinforcing structure 114, as shown in FIGURE 9. A further variation is a circular or elliptical spiral reinforcing structure 116 shown in FIGURE 10. It may be seen that the teachings of the instant invention further contemplates any nested or spiral, either connected or unconnected, configuration used for the reinforcing structure pattern.

Referring to FIGURE 11, a reinforcing structure 118 having a repeating connected honeycomb pattern is shown. Nature has shown that the honeycomb structure has superior structural integrity and strength and would therefore substantially fortify the weak dielectric layers.

It may be seen from above that the reinforcing structure may take on a variety of patterns. In general,

ATTORNEY DOCKET NUMBER- PATENT APPLICATION  
TI-24374

11

the pattern may be regular and repeating, such as the grid, crucifix, honeycomb, and nested configurations. The pattern may also have connected or unconnected reinforcing elements. Nonrepeating patterns may also be used. The reinforcing structure pattern preferably occupies the entire or a substantial area under the bond pad and allows the weak dielectric material to fill the vacant areas between the reinforcing lines of the reinforcing structure. Further, the composition of reinforcing structure may be the same as the metalization in the corresponding metal layers. For example, the reinforcing structure may have a titanium nitride/titanium nitride/titanium bottom layer, an aluminum middle layer, and a titanium nitride top layer. Reinforcing structure may also be constructed of other conductive or semiconductive materials.

It may be understood that the reinforcing structure of the instant invention is applicable to strengthen any bond pad with underlying weak dielectric layers so that it may withstand stresses and forces imparted during any wire, solder, or other bonding processes, such as flip-chip bonding, ultrasonic bonding, thermosonic bonding, thermocompression bonding, solder bump or said bump bondings, and pre-bonding wafer probe operation.

Accordingly, the teachings of the present invention includes any structure constructed substantially within the bond pad that mechanically reinforces the underlying brittle and/or soft dielectric structures. It is particularly advantageous when the reinforcing structure is comprised of an existing layer that already goes through patterning, such as the interconnecting metal lines.

Although several embodiments of the present invention and its advantages have been described in detail, it should be understood that mutations, changes, substitutions, transformations, modifications, variations, and

ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

12

alterations can be made therein without departing from the teachings of the present invention, the spirit and scope of the invention being set forth by the appended claims.

ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

13

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A reinforcing system for a bond pad comprising:  
at least one dielectric layer disposed under the bond  
pad; and

5 a reinforcing patterned structure disposed in the at  
least one dielectric layer.

2. The reinforcing system, as set forth in claim 1,  
wherein the at least one dielectric layer includes a weak  
10 organic dielectric layer.

3. The reinforcing system, as set forth in claim 1,  
wherein the reinforcing patterned structure is constructed  
of reinforcing lines of a material stronger than the  
15 dielectric layer..

4. The reinforcing system, as set forth in claim 1,  
wherein the reinforcing patterned structure is constructed  
of interconnecting metalization lines.

20 5. The reinforcing system, as set forth in claim 1,  
wherein the at least one dielectric layer is at least one  
multi-layered dielectric stack.

25 6. The reinforcing system, as set forth in claim 1,  
wherein the reinforcing patterned structure occupies a  
substantial area under the bond pad.

30 7. The reinforcing system, as set forth in claim 1,  
wherein the reinforcing patterned structure includes  
vacant areas filled by the dielectric layer.

ATTORNEY DOCKET NUMBER PATENT APPLICATION  
TI-24374

14

8. The reinforcing system, as set forth in claim 1, wherein the reinforcing patterned structure includes a grid pattern.

5 9. The reinforcing system, as set forth in claim 1, wherein the reinforcing patterned structure includes a repeating crucifix pattern.

10 10. The reinforcing system, as set forth in claim 1, wherein the reinforcing patterned structure includes a honeycomb pattern.

15 11. The reinforcing system, as set forth in claim 1, wherein the reinforcing patterned structure includes alternating layers having parallel lines oriented generally perpendicularly with one another.

20 12. The reinforcing system, as set forth in claim 1, wherein the reinforcing patterned structure includes a plurality of connected structural elements.

25 13. The reinforcing system, as set forth in claim 1, wherein the reinforcing patterned structure includes a plurality of repeating structural elements.

14. The reinforcing system, as set forth in claim 1, wherein the reinforcing patterned structure includes a plurality of repeating non-interconnected structural elements.

ATTORNEY DOCKET NUMBER. PATENT APPLICATION  
TI-24374

15

15. A bond pad reinforcing system comprising:  
a dielectric stack disposed under a bond pad; and  
a metal reinforcing patterned structure disposed in  
the dielectric stack.

5

16. The reinforcing system, as set forth in claim 15,  
wherein the dielectric stack comprises multiple dielectric  
layers with the metal reinforcing patterned structure  
disposed in at least one dielectric layer therein.

10

17. The reinforcing system, as set forth in claim 15,  
wherein the reinforcing patterned structure includes a  
repeating interconnected pattern.

15

18. The reinforcing system, as set forth in claim 15,  
wherein the reinforcing patterned structure includes a  
repeating non-interconnected pattern.

20

19. The reinforcing system, as set forth in claim 15,  
wherein the reinforcing patterned structure includes a  
plurality of nested patterns.

25

20. The reinforcing system, as set forth in claim 15,  
wherein the reinforcing patterned structure includes a  
spiral pattern.

30

21. The reinforcing system, as set forth in claim 15,  
wherein the reinforcing patterned structure includes  
alternating layers having parallel lines oriented  
generally perpendicularly with one another.

ATTORNEY DOCKET NUMBER - PATENT APPLICATION  
TI-24374

16

22. A method for reinforcing a bond pad in a semiconductor integrated circuit, comprising the steps of:

forming a reinforcing layer;

5 patterning the reinforcing layer in a predetermined area into a predetermined pattern having a plurality of vacant areas;

forming a dielectric layer above the patterned reinforcing layer, filling the vacant areas therein; and

10 forming a bond pad on the dielectric layer above the patterned reinforcing layer.

23. The method, as set forth in claim 22, wherein the dielectric layer forming layer comprises the steps of forming a weak dielectric layer.

15

24. The method, as set forth in claim 22, wherein the patterning step comprises the step of patterning the reinforcing layer with a repeating and interconnected pattern.

20

25. The method, as set forth in claim 22, wherein the patterning step comprises the step of patterning the reinforcing layer with a repeating and non-interconnected pattern.

25

26. The method, as set forth in claim 22, wherein the patterning step comprises the step of patterning the reinforcing layer with a nested configuration.

30

27. The method, as set forth in claim 22, further comprising the step of repeating the reinforcing layer forming, patterning, and dielectric layer forming steps at least one time prior to forming the bond pad thereon.

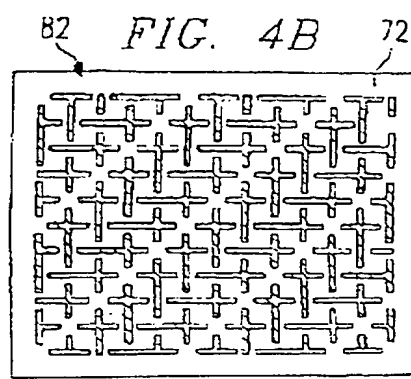
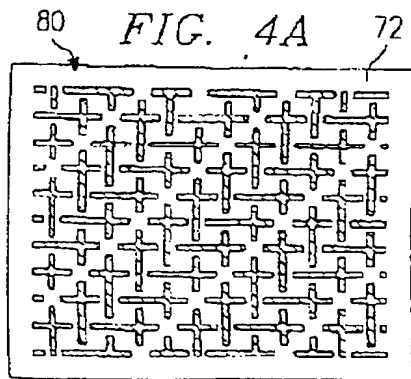
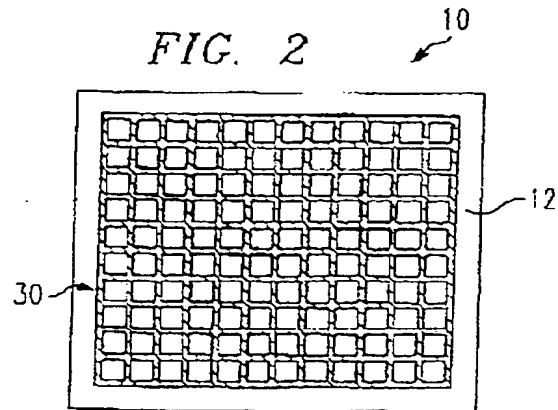
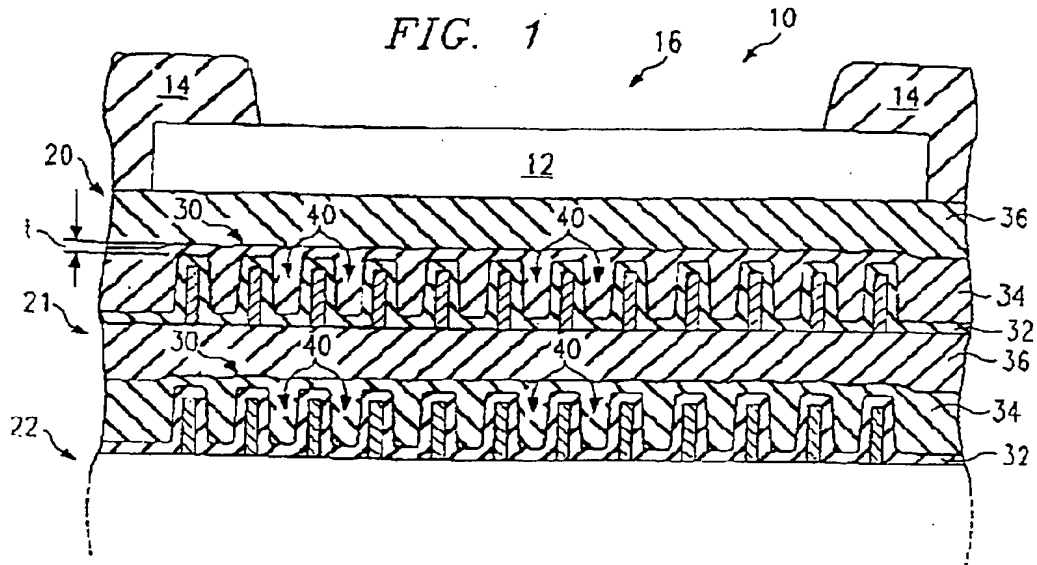




FIG. 3

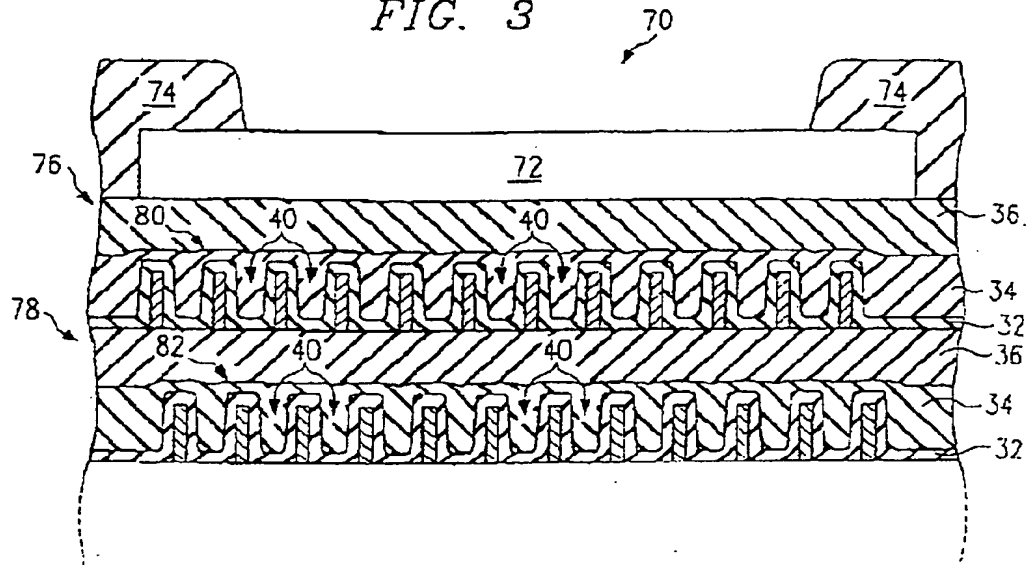
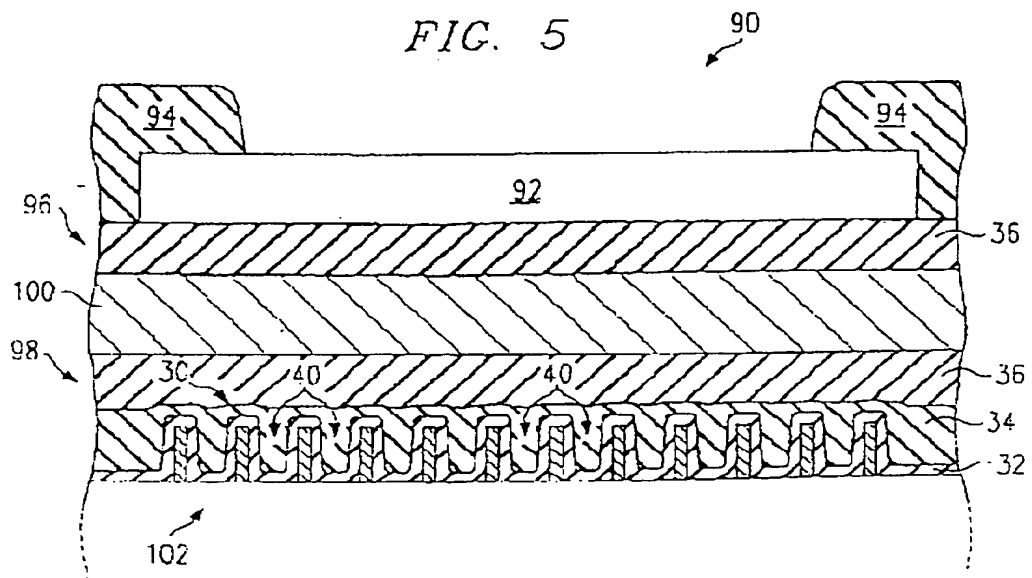
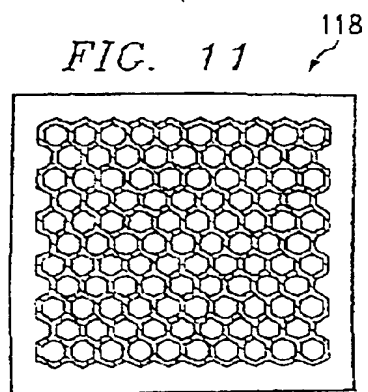
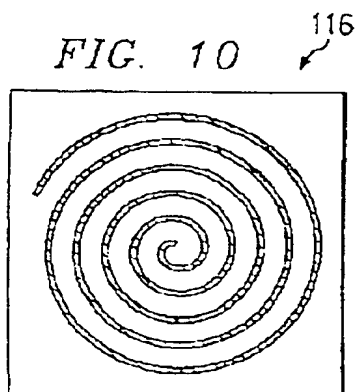
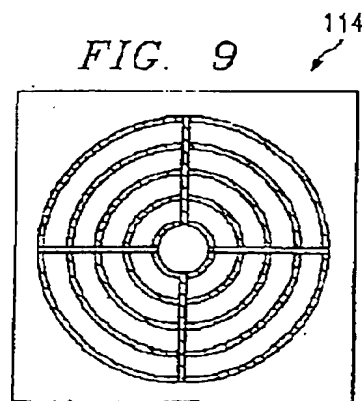
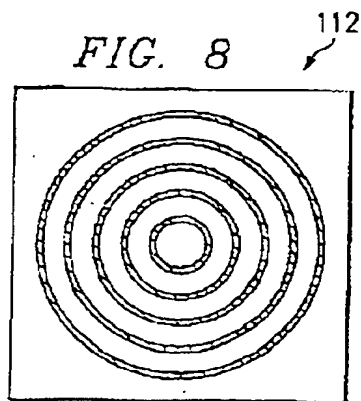
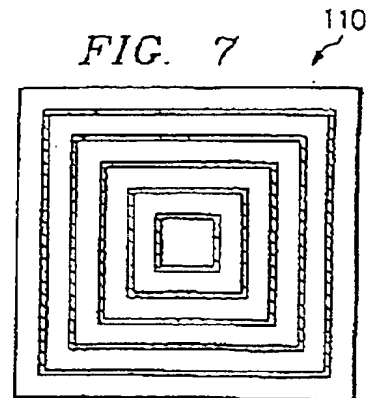
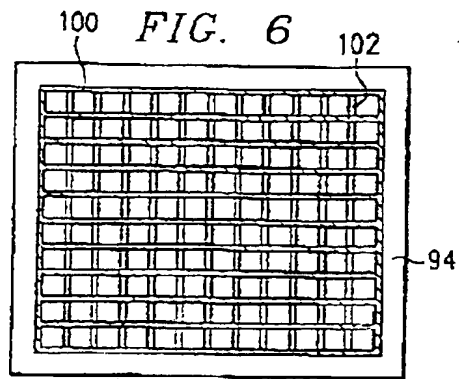


FIG. 5





17

## 1 Abstract

### SYSTEM AND METHOD FOR REINFORCING A BOND PAD

#### ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

The reinforcing system (10, 70, 90) for a bond pad (12, 72, 92) includes at least one dielectric layer or stack (20, 21, 22, 76, 78, 96, 98) disposed under the bond pad (12, 72, 92). A reinforcing patterned structure (30, 80, 82, 100, 102) is disposed in the dielectric layer or stack (20, 21, 22, 76, 78, 96, 98).

10

## 2 Representative Drawing

Fig. 1